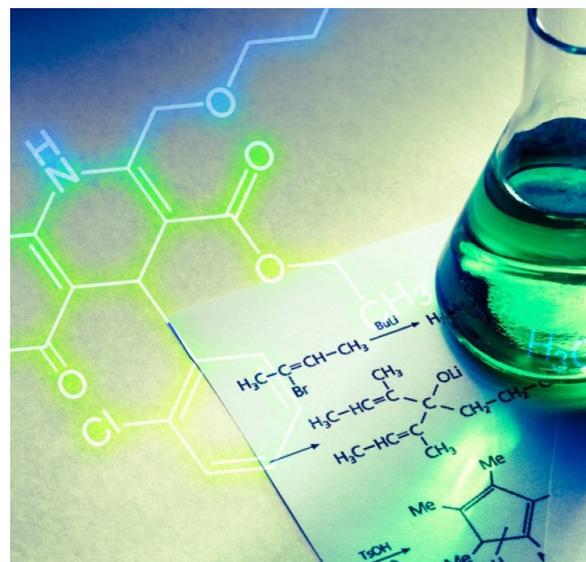
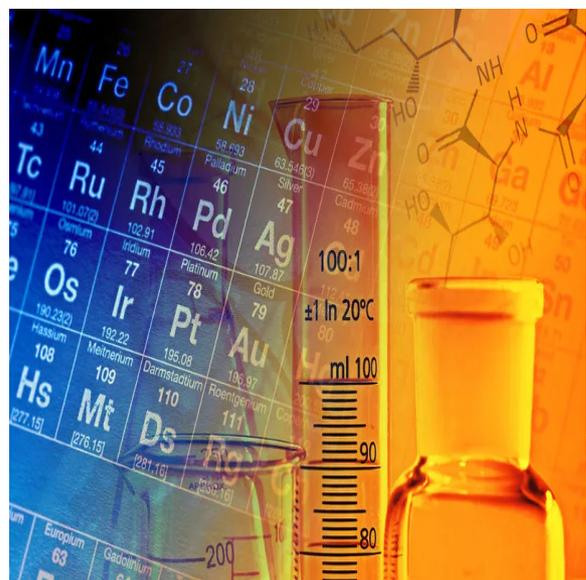


# QUÍMICA GERAL

## INTRODUÇÃO



A química afeta quase todos os aspectos de nossas vidas, nossa cultura e nosso meio ambiente. Seu escopo abrange o ar que respiramos, os alimentos que comemos, os fluidos que bebemos, nossas roupas, moradias, transporte e suprimentos de combustível e nossos semelhantes.

# Introdução

*A química é a ciência que descreve a matéria - suas propriedades, as mudanças pelas quais ela passa e as mudanças de energia que acompanham esses processos.*

A matéria inclui tudo o que é tangível, desde nossos corpos e as coisas de nossa vida diária até os objetos mais grandiosos do universo. Cientistas chamam a química de ciência central. Baseia-se nos fundamentos da matemática e da física e, por sua vez, é a base das ciências da vida - biologia e medicina. Para compreender totalmente os sistemas vivos, devemos primeiro compreender as reações químicas e as influências químicas que operam dentro deles. As substâncias químicas de nossos corpos afetam profundamente até mesmo o mundo pessoal de nossos pensamentos e emoções.

Ninguém pode ser especialista em todos os aspectos de uma ciência tão ampla como a química. Às vezes, dividimos arbitrariamente o estudo da química em vários ramos. O carbono é muito versátil em suas ligações e comportamento e é um elemento-chave em muitas substâncias essenciais à vida. Toda matéria viva contém carbono combinado com hidrogênio. A química dos compostos de carbono e hidrogênio é chamada de química orgânica. (Nos primeiros dias da química, acreditava-se que a matéria viva e a matéria inanimada eram inteiramente diferentes. Agora sabemos que muitos dos compostos encontrados na matéria viva podem ser feitos de fontes não vivas ou "inorgânicas". Assim, os termos "orgânico" e "inorgânico" têm significados diferentes do que tinham originalmente.) O estudo de substâncias que não contêm carbono combinado com hidrogênio é chamado de química inorgânica. O ramo da química que se preocupa com a detecção ou identificação das substâncias presentes em uma amostra (análise qualitativa) ou com a quantidade de cada uma (análise quantitativa) é denominado química analítica. A físico-química aplica as teorias matemáticas e os métodos da física às propriedades da matéria e ao estudo dos processos químicos e das mudanças de energia que as acompanham. Como o próprio nome sugere, a bioquímica é o estudo da química dos processos nos organismos vivos. Essas divisões são arbitrárias e a maioria dos estudos químicos envolve mais de uma dessas áreas tradicionais da química. Os princípios que você aprenderá em um curso de química geral são a base de todos os ramos da química.

## Capítulo 1: Os fundamentos da Química

Compreendemos bem os sistemas químicos simples; eles se encontram perto da fronteira difusa da química com a física. Muitas vezes, eles podem ser descritos exatamente por equações matemáticas. Não nos saímos bem com sistemas mais complicados. Mesmo quando nosso entendimento é bastante completo, devemos fazer aproximações, e muitas vezes nosso conhecimento está longe de ser completo. A cada ano, os pesquisadores fornecem novos insights sobre a natureza da matéria e suas interações. À medida que os químicos encontram respostas para velhas perguntas, eles aprendem a fazer novas. Nosso conhecimento científico foi descrito como uma esfera em expansão que, à medida que cresce, encontra uma fronteira cada vez maior.

Em nossa busca por compreensão, devemos eventualmente fazer perguntas fundamentais, como as seguintes:

*Como as substâncias se combinam para formar outras substâncias? Quanta energia está envolvida nas mudanças que observamos?*

*Como a matéria é construída em seus detalhes íntimos? Como os átomos e as formas como eles se combinam estão relacionados às propriedades da matéria que podemos medir, como cor, dureza, reatividade química e condutividade elétrica?*

*Quais fatores fundamentais influenciam a estabilidade de uma substância? Como podemos forçar a ocorrência de uma mudança desejada (mas energeticamente desfavorável)? Que fatores controlam a taxa em que uma mudança química ocorre?*

Em seu estudo de química, você aprenderá sobre essas e muitas outras ideias básicas que os químicos desenvolveram para ajudá-los a descrever e compreender o comportamento da matéria. Ao longo do caminho, esperamos que você aprecie o desenvolvimento dessa ciência, uma das maiores realizações intelectuais do esforço humano. Você também aprenderá como aplicar esses princípios fundamentais para resolver problemas reais. Um de seus principais objetivos no estudo da química deve ser desenvolver sua habilidade de pensar criticamente e resolver problemas (não apenas fazer cálculos numéricos!). Em outras palavras, você precisa aprender a manipular não apenas números, mas também ideias quantitativas, palavras e conceitos. No primeiro capítulo, nossos principais objetivos são (1) começar a ter uma ideia do que é a química e as maneiras pelas quais os químicos veem e descrevem o mundo material e (2) adquirir algumas habilidades que são úteis e necessárias na compreensão da química, sua contribuição para a ciência e engenharia e seu papel em nossas vidas diárias.

## 1-1 Matéria e Energia

**Matéria** é tudo o que tem massa e ocupa espaço. Massa é uma medida da quantidade de matéria em uma amostra de qualquer material. Quanto maior a massa de um objeto, mais força é necessária para colocá-lo em movimento. Todos os corpos consistem em matéria. Nossos sentidos de visão e tato geralmente nos dizem que um objeto ocupa espaço. No caso de gases incolores, inodoros e insípidos (como o ar), nossos sentidos podem falhar.

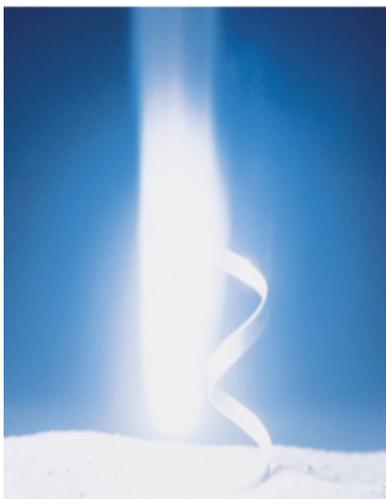
**Energia** é definida como a capacidade de produzir trabalho ou de transferir calor. Estamos familiarizados com muitas formas de energia, incluindo energia mecânica, energia luminosa, energia elétrica e energia térmica. A energia da luz do sol é usada pelas plantas à medida que crescem, a energia elétrica nos permite iluminar uma sala ao apertar um botão e a energia térmica cozinha nossos alimentos e aquece nossas casas. A energia pode ser classificada em dois tipos principais: energia cinética e energia potencial.

Um corpo em movimento, como uma pedra que rola, possui energia devido ao seu movimento. Essa energia é chamada de **energia cinética**. A energia cinética representa a capacidade de realizar um trabalho diretamente. É facilmente transferida entre objetos. **Energia potencial** é a energia que um objeto possui por causa de sua posição, condição ou composição. O carvão, por exemplo, possui energia química, uma forma de energia potencial, por causa de sua composição. Muitas usinas de geração elétrica queimam carvão, produzindo calor, que é convertido em energia elétrica. Uma pedra localizada no topo de uma montanha possui energia potencial devido à sua altura. Ele pode rolar montanha abaixo e converter sua energia potencial em energia cinética. Discutimos energia porque todos os processos químicos são acompanhados por mudanças de energia. Conforme alguns processos ocorrem, a energia é liberada para o ambiente, geralmente como energia térmica. Chamamos esses processos de **exotérmicos**. Qualquer reação de combustão (queima) é exotérmica. Algumas reações químicas e mudanças físicas, entretanto, são **endotérmicas**; isto é, eles absorvem energia do ambiente. Um exemplo de mudança física endotérmica é o derretimento do gelo.

### A lei da Conservação da Matéria

Quando queimamos uma amostra de magnésio metálico no ar, o magnésio se combina com o oxigênio do ar (Figura 1-1) para formar óxido de magnésio, um pó branco. Essa reação química é acompanhada pela liberação de grandes quantidades de energia térmica e de luz. Quando pesamos o produto da reação, o óxido de magnésio, descobrimos que ele é mais pesado do que o pedaço original de magnésio. O aumento na massa de um sólido é devido à combinação do oxigênio do ar com o magnésio para formar o óxido de magnésio. Muitos experimentos mostraram que a massa do óxido de magnésio é exatamente a soma das massas de magnésio e oxigênio que se combinaram para formá-lo. Declarações semelhantes podem ser feitas para todas as reações químicas. Essas observações estão resumidas na **Lei de Conservação da Matéria**:

***Não há qualquer mudança observável na quantidade de matéria durante uma reação química ou durante uma mudança física.***



**Figura 1-1** O magnésio queima com o oxigênio do ar para formar óxido de magnésio, um sólido branco. A massa de óxido de magnésio formada é igual à soma das massas do oxigênio e do magnésio que o formaram.

Esta declaração é um exemplo de uma **lei científica** (natural), uma declaração geral baseada no comportamento observado da matéria para a qual nenhuma exceção é conhecida. Uma reação nuclear não é uma reação química.

## A lei da Conservação da Energia

Em reações químicas exotérmicas, a **energia química** é geralmente convertida em **energia térmica**. Alguns processos exotérmicos envolvem outros tipos de mudanças de energia. Por exemplo, alguns liberam energia luminosa sem calor e outros produzem energia elétrica sem calor ou luz. Nas reações endotérmicas, a energia térmica, luminosa ou elétrica é convertida em energia química. Embora as mudanças químicas sempre envolvam mudanças de energia, algumas transformações de energia não envolvem mudanças químicas. Por exemplo, a energia térmica pode ser convertida em energia elétrica ou em energia mecânica sem quaisquer alterações químicas simultâneas. Muitos experimentos demonstraram que toda a energia envolvida em qualquer mudança química ou física aparece de alguma forma após a mudança. Essas observações estão resumidas na Lei de Conservação de Energia:

***A energia não pode ser criada ou destruída em uma reação química ou em uma mudança física. Ele só pode ser convertido de uma forma para outra.***

## A lei da Conservação da Matéria e da Energia

Com o início da era nuclear na década de 1940, os cientistas, e depois o mundo, perceberam que a matéria pode ser convertida em energia. Nas reações nucleares, a matéria é transformada em energia. A relação entre matéria e energia é dada pela agora famosa equação de Albert Einstein:

$$E = mc^2$$

Essa equação nos diz que a quantidade de energia liberada quando a matéria é transformada em energia é o produto da massa da matéria transformada e da velocidade da luz ao quadrado. Atualmente, não observamos (conscientemente) a transformação da energia em matéria em grande escala. No entanto, isso acontece em uma escala extremamente pequena em “destruidores de átomos”, ou aceleradores de partículas, usados para induzir reações nucleares. Agora que a equivalência de matéria e energia é reconhecida, a Lei de Conservação de Matéria e Energia pode ser declarada em uma única frase:

*A quantidade combinada de matéria e energia no universo é constante.*

## 1-2 Estados da Matéria

A matéria pode ser classificada em três estados (Figura 1-2), embora a maioria de nós possa pensar em exemplos que não se encaixam perfeitamente em nenhuma das três categorias. No **estado sólido**, as substâncias são rígidas e têm formas definidas. Os volumes de sólidos não variam muito com as mudanças de temperatura e pressão. Em muitos sólidos, chamados de sólidos cristalinos, as partículas individuais que compõem o sólido ocupam posições definidas na estrutura cristalina. As forças de interação entre as partículas individuais determinam o quão duro e quão forte são os cristais. **No estado líquido**, as partículas individuais ficam confinadas a um determinado volume. Um líquido flui e assume a forma de seu recipiente até o volume do líquido. Os líquidos são muito difíceis de comprimir. **Os gases** são muito menos densos do que os líquidos e sólidos. Eles ocupam todas as partes de qualquer embarcação em que estão confinados. Os gases são capazes de expansão infinita e são comprimidos facilmente. Concluimos que eles consistem principalmente de espaço vazio, o que significa que as partículas individuais estão bastante distantes umas das outras.



**Figura 1-2** Comparação de algumas propriedades físicas dos três estados da matéria. (Esquerda) Iodo, um elemento sólido. (Centro) Bromo, um elemento líquido. (Direita) Cloro, um elemento gasoso.

### 1-3 Propriedades Químicas e Físicas

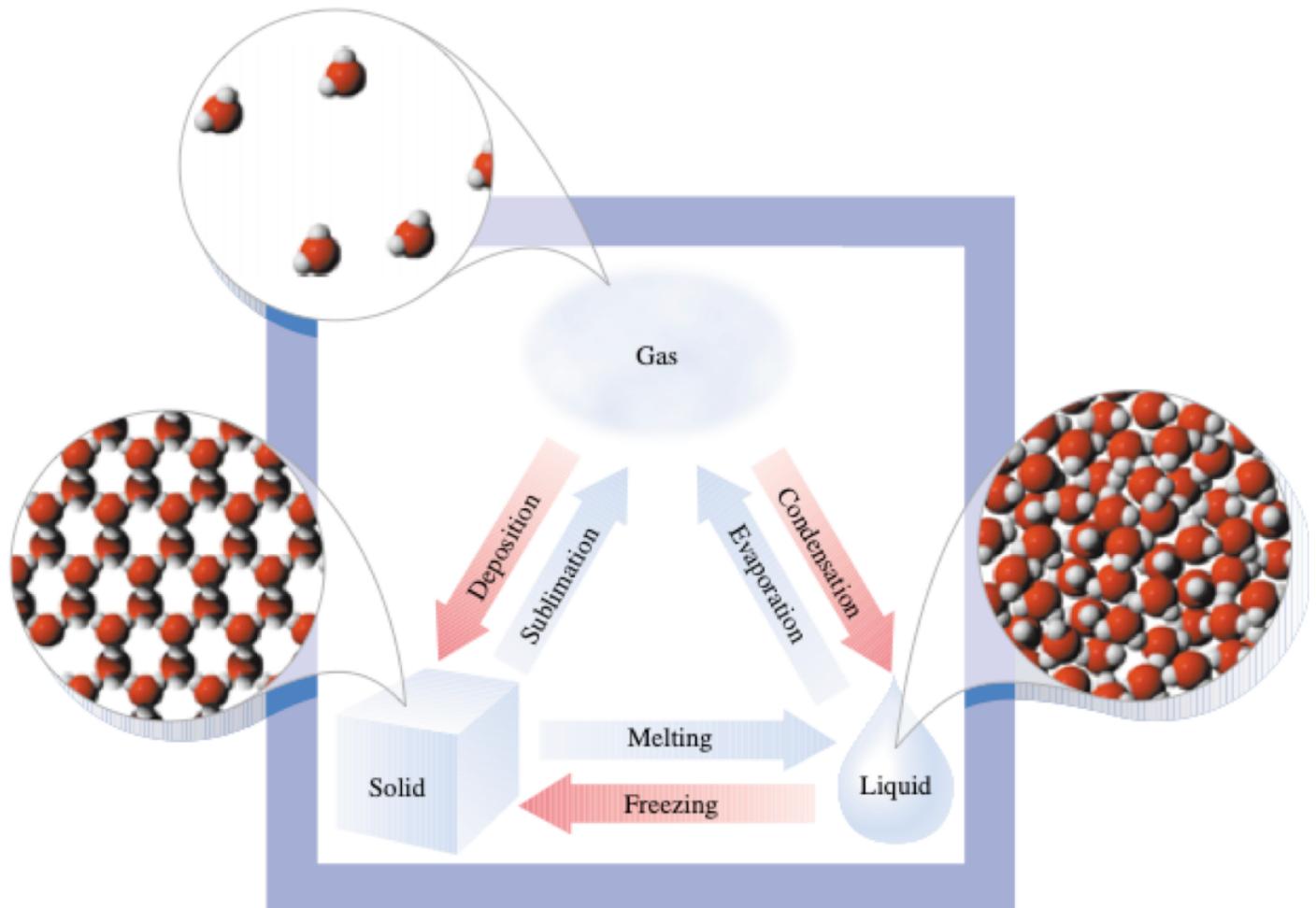
Para distinguir entre amostras de diferentes tipos de matéria, determinamos e comparamos suas propriedades. Reconhecemos diferentes tipos de matéria por suas propriedades, que são amplamente classificadas em propriedades químicas e propriedades físicas.

As **propriedades químicas** são exibidas pela matéria à medida que ela sofre mudanças em sua composição. Essas propriedades estão relacionadas aos tipos de mudanças químicas que as substâncias sofrem. Por exemplo, já descrevemos a combinação de magnésio metálico com oxigênio gasoso para formar óxido de magnésio, um pó branco. Uma propriedade química do magnésio é que ele pode se combinar com o oxigênio, liberando energia no processo. Uma propriedade química do oxigênio é que ele pode se combinar com o magnésio.

Todas as substâncias também exibem **propriedades físicas** que podem ser observadas *na ausência de qualquer alteração na composição*. Cor, densidade, dureza, ponto de fusão, ponto de ebulição e condutividades elétricas e térmicas são propriedades físicas. Algumas propriedades físicas de uma substância dependem das condições, tais como temperatura e pressão, nas quais elas são medidas. Por exemplo, água é um sólido (gelo) em baixas temperaturas, mas é um líquido em maiores temperaturas. Em temperaturas ainda mais altas, ela é um gás (vapor). Mesmo a água sendo convertida de um estado para outro, sua composição é constante. Suas propriedades químicas mudam muito pouco. Por outro lado, as propriedades físicas do gelo, água líquida e vapor são diferentes (Figura 1-3).

As propriedades da matéria podem ser ainda classificadas de acordo com a dependência ou não da quantidade de substância presente. O volume e a massa de uma amostra dependem e são diretamente proporcionais à quantidade de matéria nessa amostra. Essas propriedades, que dependem da quantidade de material examinado, são chamadas de **propriedades extensivas**.

Em contraste, a cor e o ponto de fusão de uma substância são iguais para uma amostra pequena e para uma grande. Propriedades como essas, que são independentes da quantidade de material examinado, são chamadas de **propriedades intensivas**. Todas as propriedades químicas são propriedades intensivas.

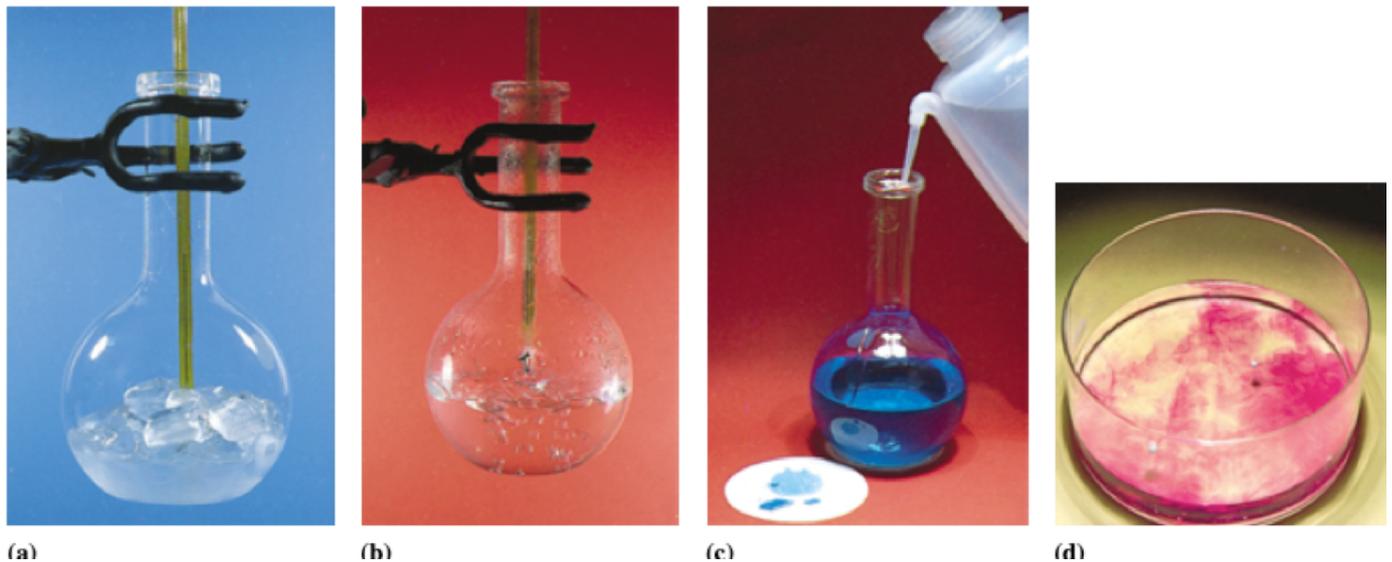


**Figura 1-3** Mudanças físicas que ocorrem entre os três estados da matéria. **Sublimação** é a conversão de um sólido diretamente em um gás sem passar pelo estado líquido; o reverso desse processo é denominado **deposição**. As alterações mostradas em azul são endotérmicas (absorvem calor); aqueles mostrados em vermelho são exotérmicos (liberam calor). A água é uma substância que conhecemos em todos os três estados físicos. As moléculas estão próximas no sólido e no líquido, mas distantes no gás. As moléculas no sólido são relativamente fixas em posição, mas as do líquido e do gás podem fluir uma em torno da outra.

**TABELA 1-1** *Propriedades físicas de algumas substâncias comuns (a 1 atm de pressão)*

Substância	Ponto de Fusão (°C)	Ponto de Ebulição (°C)	Solubilidade a 25 °C (g/100 g)		Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
			Em água	Em álcool etílico	
Ácido acético	16,6	118,1	Infinito	Infinito	1,05
Benzeno	5,5	80,1	0,07	Infinito	0,879
Brometo	-7,1	58,8	3,51	Infinito	3,12
Ferro	1530	3000	Insolúvel	Insolúvel	7,86
Metano	-182,5	-161,5	0,0022	0,033	6,6x10 <sup>-4</sup>
Oxigênio	218,8	-183,0	0,0040	0,037	1,33x10 <sup>-3</sup>
Cloreto de Sódio	801	1473	36,5	0,065	2,16
Água	0	100	-	infinito	1,00

Como duas substâncias diferentes não têm conjuntos idênticos de propriedades químicas e físicas nas mesmas condições, somos capazes de identificar e distinguir entre substâncias diferentes. Por exemplo, a água é o único líquido límpido e incolor que congela a 0 ° C, ferve a 100 ° C em uma atmosfera de pressão, dissolve uma ampla variedade de substâncias (por exemplo, sulfato de cobre (II)) e reage violentamente com o sódio (Figura 1-4). A Tabela 1-1 compara várias propriedades físicas de algumas substâncias. Uma amostra de qualquer uma dessas substâncias pode ser distinguida das outras observando suas propriedades.

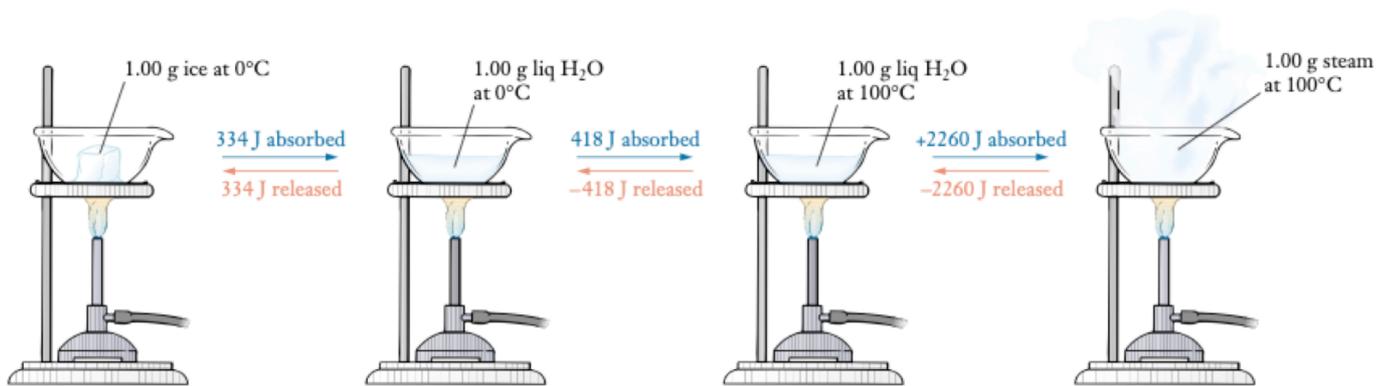


**Figura 1-4** Algumas propriedades físicas e químicas da água. **Físicas:** (a) Funde a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; (b) ferve a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  (à pressão atmosférica normal); (c) dissolve uma ampla gama de substâncias, incluindo sulfato de cobre (II), um sólido azul. **Química:** (d) Reage com o sódio para formar gás hidrogênio e uma solução de hidróxido de sódio. A solução contém um pouco de fenolftaleína, que é rosa na presença de hidróxido de sódio.

#### 1-4 Mudanças Químicas e Físicas

Descrevemos a reação do magnésio à medida que ele queima no oxigênio do ar (veja a Figura 1-1). Esta reação é uma mudança química. Em qualquer **mudança química**, (1) uma ou mais substâncias são usadas (pelo menos parcialmente), (2) uma ou mais novas substâncias são formadas e (3) energia é absorvida ou liberada. À medida que as substâncias passam por mudanças químicas, elas evidenciam suas propriedades químicas. Uma **mudança física**, por outro lado, ocorre *sem alteração na composição química*. As propriedades físicas geralmente são alteradas significativamente à medida que a matéria passa por mudanças físicas (Figura 1-3). Além disso, uma mudança física pode sugerir que uma mudança química também ocorreu. Por exemplo, uma mudança de cor, um aquecimento ou a formação de um sólido quando duas soluções são misturadas pode indicar uma mudança química.

A energia é sempre liberada ou absorvida quando ocorrem mudanças químicas ou físicas. A energia é necessária para derreter o gelo e a energia é necessária para ferver a água. Por outro lado, a condensação do vapor para formar água líquida sempre libera energia, assim como o congelamento do líquido água para formar gelo. As mudanças na energia que acompanham essas mudanças físicas para a água são mostradas na Figura 1-5. À pressão de uma atmosfera, o gelo sempre derrete na mesma temperatura ( $0^{\circ}\text{C}$ ), e a água pura sempre ferve na mesma temperatura ( $100^{\circ}\text{C}$ ).



**Figura 1-5** Mudanças na energia que acompanham algumas mudanças físicas para a água. A unidade de energia joules (J) é definida na Seção 1-13.

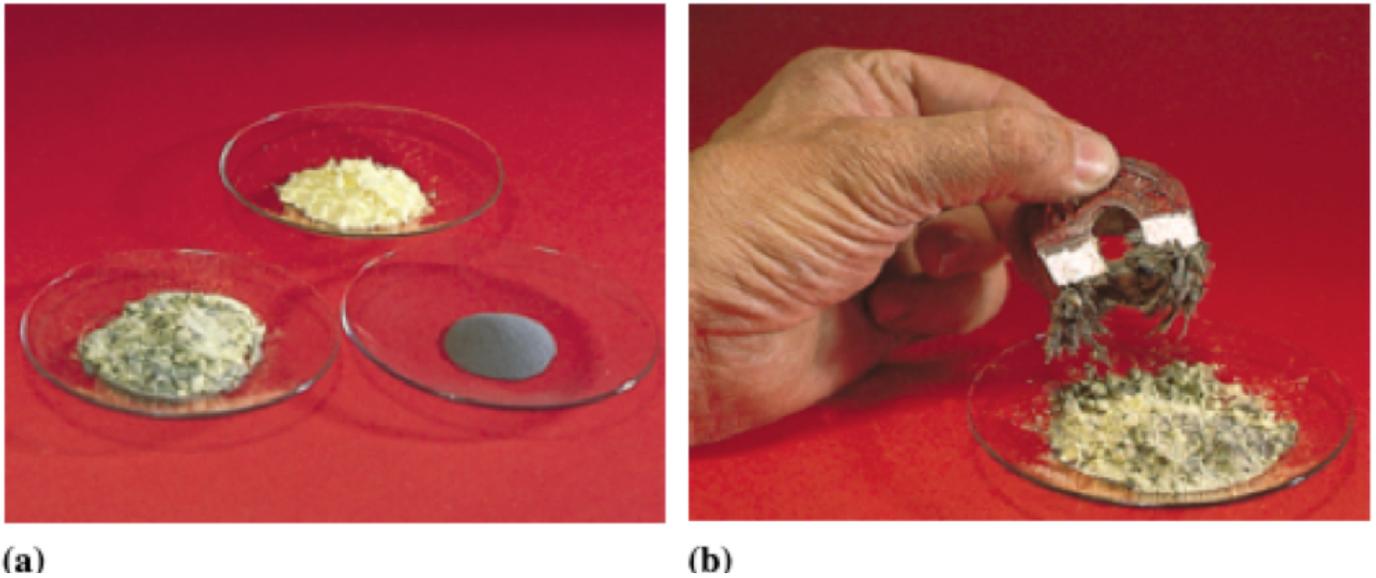
## 1-5 Misturas, Substâncias, Compostos e Elementos

As **misturas** são combinações de duas ou mais substâncias puras em que cada substância mantém sua própria composição e propriedades. Quase todas as amostras de matéria que normalmente encontramos são uma mistura. O tipo de mistura mais facilmente reconhecido é aquele em que diferentes partes da amostra têm propriedades reconhecidamente diferentes. Essa mistura, que não é totalmente uniforme, é chamada de **heterogênea**. Os exemplos incluem misturas de sal e carvão (em que dois componentes com cores diferentes podem ser facilmente distinguidos um do outro pela visão), neblina (que inclui uma névoa suspensa de gotículas de água) e sopa de vegetais.

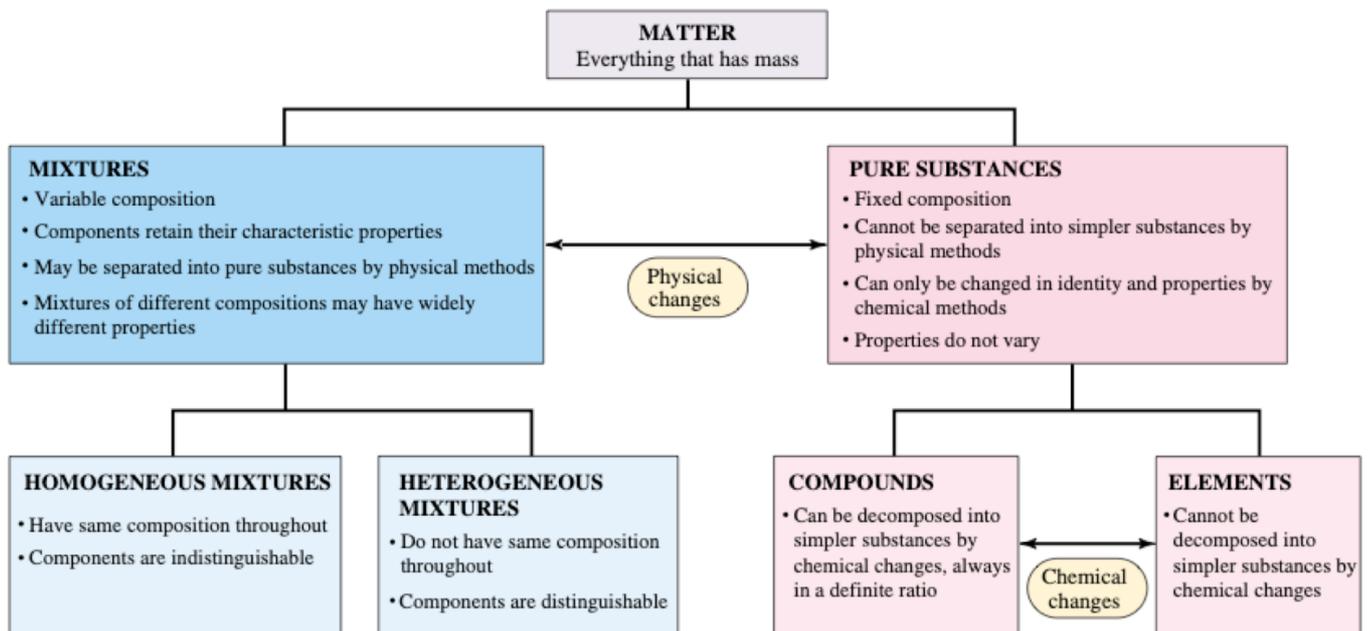
Outro tipo de mistura tem propriedades uniformes em toda a extensão; essa mistura é descrita como uma **mistura homogênea** sendo também chamada de **solução**. Os exemplos incluem água salgada; algumas *ligas*, que são misturas homogêneas de metais no estado sólido; e ar (livre de partículas ou névoas). O ar é uma mistura de gases. É principalmente nitrogênio, oxigênio, argônio, dióxido de carbono e vapor de água. Existem apenas vestígios de outras substâncias na atmosfera.

Uma característica importante de todas as misturas é que podem ter composição variável. (Por exemplo, podemos fazer um número infinito de misturas diferentes de sal e açúcar, variando as quantidades relativas dos dois componentes usados.) Conseqüentemente, repetir o mesmo experimento em misturas de fontes diferentes pode dar resultados diferentes, enquanto o mesmo tratamento de uma amostra pura sempre dará os mesmos resultados. Quando a distinção entre misturas homogêneas e substâncias puras foi realizada e métodos foram desenvolvidos (no final dos anos 1700) para separar misturas e estudar substâncias puras, resultados consistentes puderam ser obtidos. Isso resultou em propriedades químicas reproduzíveis, que formaram a base do progresso real no desenvolvimento da teoria química.

As misturas podem ser separadas por meios físicos porque cada componente retém suas propriedades (Figuras 1-6 e 1-7). Por exemplo, uma mistura de sal e água pode ser separada evaporando a água, deixando para trás o sal sólido. Para separar uma mistura de areia e sal, podemos tratá-la com água para dissolver o sal, coletar a areia por filtração e, em seguida, evaporar a água para recuperar o sal sólido. Pó de ferro muito fino pode ser misturado com enxofre em pó para dar o que parece ser uma mistura homogênea dos dois a olho nu. A separação dos componentes desta mistura é fácil, entretanto. O ferro pode ser removido por um ímã, ou o enxofre pode ser dissolvido em dissulfeto de carbono, que não dissolve o ferro (Figura 1-6).



**Figura 1-6** (a) Uma mistura de ferro e enxofre é uma mistura heterogênea. (b) Como qualquer mistura, ele pode ser separado por meios físicos, como remover o ferro com um ímã.



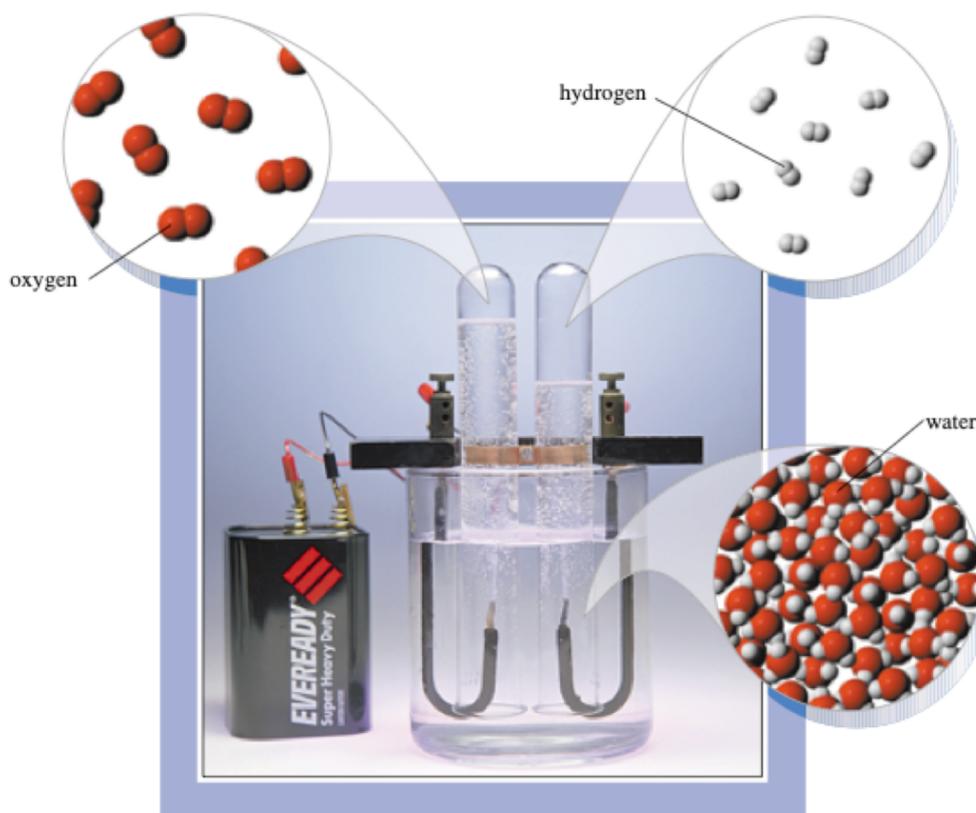
**Figura 1-7** Um esquema para classificação da matéria. As setas indicam os meios gerais pelos quais a matéria pode ser separada.

*Em qualquer mistura, (1) a composição pode ser variada e (2) cada componente da mistura retém suas próprias propriedades.*

Imagine que temos uma amostra de água lamacenta de um rio (uma mistura heterogênea). Podemos primeiro separar a sujeira suspensa do líquido por filtração. Então, poderíamos remover o ar dissolvido aquecendo a água. Os sólidos dissolvidos podem ser removidos resfriando a amostra até que parte congele, despejando o líquido e derretendo o gelo. Outros componentes dissolvidos podem ser separados por destilação ou outros métodos. Eventualmente, obteríamos uma amostra de água pura que não poderia ser separada por nenhum método de separação física. Não importa qual seja a fonte original da água impura - o oceano, o rio Mississippi, uma lata de suco de tomate e assim por diante - as amostras de água obtidas por purificação têm composição idêntica e, sob condições idênticas, todas têm propriedades idênticas. Qualquer amostra desse tipo é chamada de substância ou, às vezes, de substância pura.

***Uma substância não pode ser decomposta ou purificada por meios físicos. Uma substância é uma matéria de um dado tipo. Cada substância tem suas próprias propriedades características que são diferentes do conjunto de propriedades de qualquer outra substância.***

Agora suponha que decomponhamos um pouco de água passando eletricidade por ela (Figura 1-8). (Um processo de eletrólise é uma reação química.) Descobrimos que a água é convertida em duas substâncias mais simples, hidrogênio e oxigênio; mais significativamente, hidrogênio e o oxigênio estão sempre presentes na mesma proporção em massa, 11,1% a 88,9%. Essas observações nos permitem identificar a água como um composto.



**Figura 1-8** Aparelho de eletrólise para decomposição da água em pequena escala por energia elétrica. O volume de hidrogênio produzido (direita) é o dobro do oxigênio (esquerda). Um pouco de ácido sulfúrico diluído é adicionado para aumentar a condutividade.

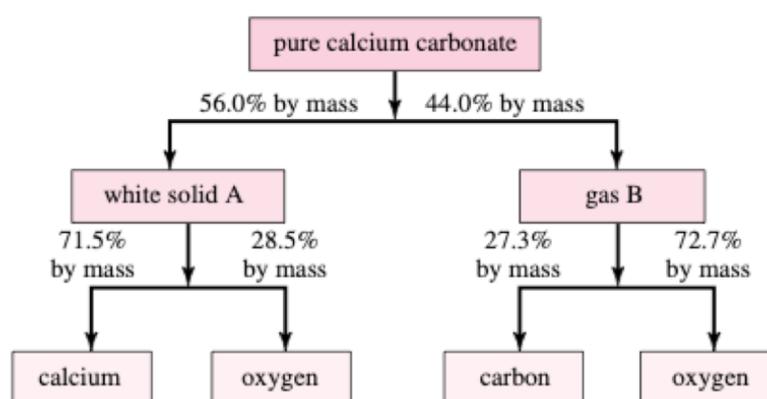
*Um composto é uma substância que pode ser decomposta por meios químicos em substâncias mais simples, sempre na mesma proporção em massa.*

À medida que continuamos esse processo, começando com qualquer substância, chegamos finalmente a um estágio em que as novas substâncias formadas não podem mais ser decompostas por meios químicos. As substâncias no final dessa cadeia são chamadas de elementos.

*Um elemento é uma substância que não pode ser decomposta em substâncias mais simples por alterações químicas.*

Por exemplo, nenhum dos dois gases obtidos pela eletrólise da água - hidrogênio e oxigênio - pode ser decomposto posteriormente, portanto sabemos que são elementos.

Como outro exemplo (Figura 1-9), o carbonato de cálcio puro (um sólido branco presente no calcário e nas conchas do mar) pode ser decomposto por aquecimento para dar outro sólido branco (chame-o de A) e um gás (chame-o de B) na massa proporção 56,0 : 44,0. Essa observação nos diz que o carbonato de cálcio é um composto. O sólido branco A obtido do carbonato de cálcio pode ser posteriormente dividido em um sólido e um gás em uma proporção definida por massa, 71,5 : 28,5. Mas nenhum deles pode ser decomposto posteriormente, então eles devem ser elementos. O gás é idêntico ao oxigênio obtido da eletrólise da água; o sólido é um elemento metálico chamado cálcio. Da mesma forma, o gás B, originalmente obtido do carbonato de cálcio, pode ser decomposto em dois elementos, carbono e oxigênio, em uma proporção de massa fixa, 27,3 : 72,7. Esta sequência ilustra que um composto pode ser dividido em substâncias mais simples em uma proporção de massa fixa; essas substâncias mais simples podem ser elementos ou compostos mais simples.



**Figura 1-9** Diagrama da decomposição do carbonato de cálcio para dar um sólido branco A (56,0% em massa) e um gás B (44,0% em massa). Essa decomposição em substâncias mais simples em uma proporção fixa prova que o carbonato de cálcio é um composto. O sólido branco A ainda se decompõe para dar os elementos cálcio (71,5% em massa) e oxigênio (28,5% em massa). Isso prova que o sólido branco A é um composto; é conhecido como óxido de cálcio. O gás B também pode ser decomposto para dar aos elementos carbono (27,3% em massa) e oxigênio (72,7% em massa). Isso estabelece que o gás B é um composto; é conhecido como dióxido de carbono.

Além disso, podemos dizer que um composto é uma substância pura consistindo em dois ou mais elementos diferentes em uma proporção fixa. A água é 11,1% de hidrogênio e 88,9% de oxigênio em massa. Da mesma forma, o dióxido de carbono é 27,3% de carbono e 72,7% de oxigênio em massa, e o óxido de cálcio (o sólido branco A na discussão anterior) é 71,5% de cálcio e 28,5% de oxigênio em massa. Também poderíamos combinar os números do parágrafo anterior para mostrar que o carbonato de cálcio é 40,1% de cálcio, 12,0% de carbono e 47,9% de oxigênio em massa. Observações como essas sobre inúmeros compostos puros levaram à declaração da Lei das Proporções Definidas (também conhecida como Lei da Composição Constante):

*Diferentes amostras de qualquer composto puro contêm os mesmos elementos nas mesmas proporções em massa.*

As propriedades físicas e químicas de um composto são diferentes das propriedades de seus elementos constituintes. O cloreto de sódio é um sólido branco que normalmente usamos como sal de cozinha (Figura 1-10). Este composto é formado pela combinação do elemento sódio (um metal macio e branco prateado que reage violentamente com a água) e o cloro do elemento (um gás verde claro, corrosivo e venenoso).



**Figura 1-10** A reação do sódio, um elemento sólido e cloro, um elemento gasoso, para produzir cloreto de sódio (sal de cozinha). Esta reação libera energia considerável na forma de calor e luz.

Lembre-se de que os elementos são substâncias que não podem ser decompostas em substâncias mais simples por mudanças químicas. Nitrogênio, prata, alumínio, cobre, ouro e enxofre são outros exemplos de elementos.

Usamos um conjunto de símbolos para representar os elementos. Esses símbolos podem ser escritos mais rapidamente do que nomes e ocupam menos espaço. Os símbolos para os primeiros 109 elementos consistem em uma letra maiúscula ou uma letra maiúscula e uma letra minúscula, como C (carbono) ou Ca (cálcio). Uma lista dos elementos conhecidos e seus símbolos é fornecida dentro da capa.

No passado, os descobridores de elementos reivindicavam o direito de nomeá-los, embora a questão de quem realmente descobriu os elementos primeiro fosse às vezes contestada. Nos tempos modernos, novos elementos recebem nomes temporários e símbolos de três letras com base em um sistema numérico. Essas designações são usadas até que a questão do direito de nomear os elementos recém-descobertos seja resolvida. As decisões que resolvem os nomes dos elementos 104 a 109 foram anunciadas em 1997 pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), uma organização internacional que representa sociedades químicas de 40 países. A IUPAC faz recomendações sobre muitos assuntos de convenção e terminologia em química. Essas recomendações não têm força legal, mas normalmente são vistas como oficiais em todo o mundo.

Uma pequena lista de símbolos de elementos comuns é fornecida na Tabela 1-2. Aprender esta lista será útil. Muitos símbolos consistem nas primeiras uma ou duas letras do nome em inglês do elemento. Alguns são derivados do nome latino do elemento (indicado entre parênteses na Tabela 1-2) e um, W para tungstênio, é do alemão volfrâmio. Nomes e símbolos para elementos adicionais devem ser aprendidos à medida que são encontrados.

**TABLE 1-2** *Some Common Elements and Their Symbols*

Symbol	Element	Symbol	Element	Symbol	Element
Ag	silver ( <i>argentum</i> )	F	fluorine	Ni	nickel
Al	aluminum	Fe	iron ( <i>ferrum</i> )	O	oxygen
Au	gold ( <i>aurum</i> )	H	hydrogen	P	phosphorus
B	boron	He	helium	Pb	lead ( <i>plumbum</i> )
Ba	barium	Hg	mercury ( <i>hydrargyrum</i> )	Pt	platinum
Bi	bismuth	I	iodine	S	sulfur
Br	bromine	K	potassium ( <i>kalium</i> )	Sb	antimony ( <i>stibium</i> )
C	carbon	Kr	krypton	Si	silicon
Ca	calcium	Li	lithium	Sn	tin ( <i>stannum</i> )
Cd	cadmium	Mg	magnesium	Sr	strontium
Cl	chlorine	Mn	manganese	Ti	titanium
Co	cobalt	N	nitrogen	U	uranium
Cr	chromium	Na	sodium ( <i>natrium</i> )	W	tungsten ( <i>Wolfram</i> )
Cu	copper ( <i>cuprum</i> )	Ne	neon	Zn	zinc

A maior parte da crosta terrestre é composta por um número relativamente pequeno de elementos. Apenas 10 dos 88 elementos que ocorrem naturalmente constituem mais de 99% da massa da crosta terrestre, oceanos e atmosfera (Tabela 1-3). O oxigênio é responsável por cerca de metade. Relativamente poucos elementos, aproximadamente um quarto dos que ocorrem naturalmente, ocorrem na natureza como elementos livres. Os demais são sempre encontrados quimicamente combinados com outros elementos.

Uma quantidade muito pequena de matéria na crosta terrestre, oceanos e atmosfera está envolvida na matéria viva. O principal elemento da matéria viva é o carbono, mas apenas uma minúscula fração do carbono no meio ambiente ocorre em organismos vivos. Mais de um quarto da massa total da crosta terrestre, oceanos e atmosfera é feito de silício, mas quase não tem função biológica.

**TABLE 1-3** *Abundance of Elements in the Earth's Crust, Oceans, and Atmosphere*

Element	Symbol	% by Mass	Element	Symbol	% by Mass
oxygen	O	49.5%	chlorine	Cl	0.19%
silicon	Si	25.7	phosphorus	P	0.12
aluminum	Al	7.5	manganese	Mn	0.09
iron	Fe	4.7	carbon	C	0.08
calcium	Ca	3.4	sulfur	S	0.06
sodium	Na	2.6	barium	Ba	0.04
potassium	K	2.4	chromium	Cr	0.033
magnesium	Mg	1.9	nitrogen	N	0.030
hydrogen	H	0.87	fluorine	F	0.027
titanium	Ti	0.58	zirconium	Zr	0.023
			All others combined		≈0.1%